

UNIVERSITAS TRISAKTI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Kampus A, Jalan Kyai Tapa No. 1, Jakarta 11440
Telp. 021-5605834, 5663232, Fax. 021-5605841, Website: www.trisakti.ac.id/fti/
Dekanat: Pes. 8405, Teknik Mesin: Pes. 8434, Teknik Elektro: Pes. 8413
Teknik Industri: Pes. 8407, Teknik Informatika: Pes. 8436

SURAT TUGAS

Nomor : 125/PL.01.11 /FTI-STD/XII/2022

- Dasar :
1. Bahwa guna mendukung kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi yang terdiri dari Pendidikan, Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, dimana ketiganya menjadi poin penting dalam mewujudkan visi dari perguruan tinggi.
 2. Bahwa mengingat pentingnya kegiatan penelitian dan publikasi ilmiah bagi Dosen dalam lingkup Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti Tahun Akademik 2022/2023, maka dipandang perlu menugaskan para dosen untuk melaksanakan kegiatan Publikasi Ilmiah.
 3. Bahwa agar kegiatan Publikasi Ilmiah bagi dosen dapat berjalan dengan baik serta memperoleh hasil yang maksimal, maka Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti dengan ini :

MENUGASKAN

- K e p a d a : Dosen Tetap Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti
- U n i t : Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti
- U n t u k : Berperan aktif dalam melaksanakan penelitian dan melakukan publikasi ilmiah pada jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional bereputasi.
- Waktu : Tahun Akademik 2022/2023

Demikian surat tugas ini untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan penuh tanggung jawab.

Jakarta, 22 Desember 2022

D e k a n,



Dr. Ir. Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo, ST, M.Eng, IPM.

LAPORAN
PENELITIAN DOSEN PEMULA (PDP)

**Environment and Social Impact of Paddy Rice Farming: Environment Impact and
Chemical Hazard - Risk Assessment**

TIM PENELITI

Indah Permata Sari, S.Pd., M.Si.	(0304079402)	Ketua
Dr. Dian Mardi Safitri, S.T., M.T.	(0319087902)	Anggota
Ir. Sucipto Adisuwiryo, M.M.	(0312016504)	Anggota
Ika Wahyu Utami, S.Si., M.Sc.	(000)	Anggota
Tiara Aurellia	063.20.080	Anggota



TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
UNIVERSITAS TRISAKTI
2022/2023



**LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN
TAHUN AKADEMIK 2022/2023
0435/PDP/FIT/2022-2023**

- 1. Judul Penelitian** : Environment and Social Impact of Paddy Rice Farming: Environment Impact and Chemical Hazard - Risk Assessment
- 2. Skema Penelitian** : Penelitian Dosen Pemula (PDP)
- 3. Ketua Tim Pengusul**
- a. Nama : Indah Permata Sari, S.Pd., M.Si.
- b. NIDN : 0304079402
- c. Jabatan/Golongan : Tanpa Jabatan Akademik/III-B
- d. Program Studi : TEKNIK INDUSTRI
- e. Perguruan Tinggi : Universitas Trisakti
- f. Bidang Keahlian : Kimia
- Jalan Haji Ten III, No. 6C, RT/RW 008/001, Rawamangun
- g. Alamat Kantor/Telp/Fak/surel : indah.permatasari@trisakti.ac.id
- 4. Anggota Tim Pengusul**
- a. Jumlah anggota : Dosen 3 orang
- Dr. Dian Mardi Safitri, S.T., M.T./Ergonomics Safety, Safety and Health, Ergonomics Transportation Safety, Human Factors, Work Design and Measurement
- b. Nama Anggota 1/bidang keahlian : Ir. Sucipto Adisuwiryo, M.M. /Penelitian Operasional
- c. Nama Anggota 2/bidang keahlian : Ika Wahyu Utami, S.Si., M.Sc./Fisika dan Geofisika
- d. Nama Anggota 3/bidang keahlian : 1 orang
- e. Jumlah mahasiswa yang terlibat : 0 orang
- f. Jumlah alumni yang terlibat : 0 orang
- g. Jumlah laboran/admin : 0 orang
- 5. Waktu Penelitian**
- Bulan/Tahun Mulai : September 2022
- Bulan/Tahun Selesai : Juni 2023
- 6. Luaran yang dihasilkan** :
- Hak Kekayaan Intelektual
 - Publikasi di Conference Series Bereputasi
- 7. Biaya Total** : Rp17.500.000,-
(Tujuh Belas Juta Lima Ratus Ribu)

Dekan



Dr. Ir. Rianti Dewi Wulansari, S.T., M.Eng. IPM

NIDN: 0317107101

Jakarta, 09 September 2023

Ketua Tim Pengusul



Indah Permata Sari, S.Pd., M.Si.

NIDN: 0304079402

Direktur



Prof. Dr. Ir. Astri Rinanti, M.T., IPM

NIDN: 0308097001

IDENTITAS PENELITIAN

Skema Penelitian	: Penelitian Dosen Pemula (PDP)
Judul Penelitian	: Environment and Social Impact of Paddy Rice Farming: Environment Impact and Chemical Hazard - Risk Assessment
Fokus Penelitian	: Green Energy
Rumpun Penelitian	: Green Engineering/ Technology
Mata Kuliah yang terkait	: Sistem Lingkungan Industri
Topik Pengabdian kepada Masyarakat yang terkait	:

Tim Peneliti

Peneliti	NIK/ NIM	Posisi	Status	Program Studi	Fakultas
Indah Permata Sari, S.Pd., M.Si.	3736	Ketua	Dosen Trisakti	TEKNIK INDUSTRI I	FTI
Dr. Dian Mardi Safitri, S.T., M.T.	2593	Anggota	Dosen Trisakti	TEKNIK INDUSTRI I	FTI
Ir. Sucipto Adisuwiryo, M.M.	1995	Anggota	Dosen Trisakti	TEKNIK INDUSTRI I	FTI
Ika Wahyu Utami, S.Si., M.Sc.	3867	Anggota	Dosen Trisakti	TEKNIK INDUSTRI I	FTI
Tiara Aurellia	063.20.08 0	Anggota	Mahasiswa Trisakti	TEKNIK INDUSTRI I	FTI

Lokasi dan atau Tempat Penelitian	: Kulon Progo, Yogyakarta, Cerme, Panjatan, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta
Masa Penelitian	
Mulai	: September 2022
Berakhir	: Juni 2023
Dana diusulkan	: Rp17.500.000,-
Sumber Pendanaan	: 5.2.03.08.01
Target Kesiapterapan Teknologi	: TKT 3
Produk Inovasi	:
Luaran	: Hak Kekayaan Intelektual Publikasi di Conference Series Bereputasi

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Identitas Penelitian	iii
DAFTAR ISI.....	1
DAFTAR TABEL.....	2
DAFTAR GAMBAR.....	3
RINGKASAN PENELITIAN.....	4
BAB 1. PENDAHULUAN	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	10
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	11
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	18
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN	22
LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN.....	24

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelitian terdahulu	7
Tabel 2. Inventori proses produksi padi	12
Tabel 3. Kategori dampak	12
Tabel 4. Dampak lingkungan produksi 1 ton padi.....	13
Tabel 5. HIRARC dalam pertanian padi	16

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerangka kerja penilaian daur hidup	8
Gambar 2. Diagram alir penelitian	10
Gambar 3. Batasan sistem	11
Gambar 4. Hotspot dalam produksi padi	14
Gambar 5. Kontribusi polutan terhadap kategori dampak.....	15

RINGKASAN PENELITIAN

Aspek keberlanjutan pada sektor pertanian perlu diperhatikan mengingat besarnya dampak lingkungan dan sosial yang ditimbulkan dari aktivitas pertanian. Penggunaan pupuk dan pestisida menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan dan bahaya kesehatan terhadap manusia. Penelitian ini menganalisis resiko bahaya paparan zat kimia pada petani serta evaluasi dampak lingkungan aktivitas pertanian. Analisis terhadap aspek lingkungan dan sosial pada pertanian merupakan upaya untuk mewujudkan pertanian yang berkelanjutan. Analisis dampak lingkungan dilakukan dengan menggunakan metode LCA dan aspek sosial dianalisis dengan identifikasi resiko bahaya pada petani menggunakan metode HIRARC. Hasil penilaian dampak lingkungan menunjukkan bahwa tahap pemupukan merupakan hotspot, dimana penggunaan pupuk NPK dan pupuk urea berkontribusi besar terhadap pemanasan global dan dampak lainnya, dengan CO₂ sebagai contributor utama GWP. Sedangkan hasil penilaian resiko menunjukkan bahwa proses pencampuran dan penyemprotan pestisida memiliki resiko paparan tertinggi sehingga perlu dilakukan control resiko pada tahapan ini seperti memberikan pelatihan kepada para petani terkait pentingnya APD, tata cara penggunaan APD yang benar, metode penyemprotan yang benar serta pentingnya menjaga kebersihan diri pasca penyemprotan. Selain itu, petani dapat mengganti pestisida menjadi jenis lain yang memiliki tingkat bahaya lebih rendah.

Topik penelitian ini sangat berkaitan dengan roadmap FTI dan Universitas Trisakti yang berfokus pada pencapaian sustainability. Penelitian ini berorientasi pada pengembangan IPTEKS melalui penelitian dasar dengan TKT 2.)

Kata Kunci :

Sustainable farming, environment, social, global warming, hazard identification

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Produksi pangan global di seluruh dunia harus meningkat 70% dalam 30 tahun ke depan untuk mempertahankan populasi global yang diperkirakan mencapai 10 miliar hingga 2050 (UN, 2019). Untuk memenuhi permintaan ini, aktivitas pertanian perlu ditingkatkan produktivitasnya. Akan tetapi hal ini memerlukan peningkatan pada input sumber daya pertanian seperti air, bahan kimia dan energi per satuan luas lahan sehingga dapat meningkatkan risiko serius dalam bentuk polusi air, terestrial, dan atmosfer dari area budidaya, serta masalah serius pada organisme termasuk manusia (Gaffney et al., 2019). Sektor pertanian dilaporkan sebagai salah satu pendorong utama pemanasan global, berkontribusi 14–28% terhadap emisi bersih gas rumah kaca (Gan et al., 2014). Komponen yang paling penting dari input sumber daya pertanian, seperti pupuk nitrogen (N) dan fosfor (P), telah menimbulkan kekhawatiran serius mengenai kondisi lingkungan dan risiko terkait kesehatan dari bahan kimia berbahaya.

Selain penggunaan pupuk, pestisida merupakan senyawa kimia yang memainkan peran mendasar dalam melindungi tanaman dari hama yang merusak dan memastikan hasil panen yang tinggi dan ketahanan pangan (Weng & Black, 2015). Di seluruh dunia pestisida digunakan dalam jumlah besar setiap tahunnya di industry pertanian. Seiring dengan meluasnya produksi komoditas global, penggunaan pestisida juga semakin intensif, baik di negara maju (Antonini & Argilés-Bosch, 2017) maupun di negara berkembang. Karena toksisitasnya dan penggunaannya secara luas di lingkungan pertanian, pestisida menimbulkan ancaman parah bagi para petani. Penggunaan pestisida yang tidak aman di bidang pertanian merupakan bahaya yang signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Banyak penelitian tentang residu pestisida telah menghasilkan bukti peningkatan insiden keracunan pestisida akut dan efek jangka panjang seperti kanker (Jolodar et al., 2021).

Tumbuhnya kepedulian terhadap keberlanjutan telah meningkatkan pentingnya mempertimbangkan aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial sebagai kriteria untuk mewujudkan pertanian yang berkelanjutan. Aspek lingkungan dapat diperhatikan berdasarkan jumlah emisi yang dikeluarkan selama aktivitas pertanian. Emisi ini berkaitan dengan gas rumah kaca, pemanasan global serta pengaruhnya terhadap kesehatan manusia. Penilaian siklus hidup atau *Life Cycle Assessment* (LCA) adalah metode yang secara kuantitatif dapat menentukan dampak lingkungan dari sistem pertanian dengan input sumber daya yang bervariasi di seluruh rantai produksi. Metode ini terdiri dari penilaian kinerja lingkungan dan penilaian risiko dengan mempertimbangkan semua langkah produksi dengan mengubahnya menjadi jejak lingkungan. Selama dekade terakhir, metode LCA telah digunakan untuk mengevaluasi keberlanjutan lingkungan antara sistem tanam yang berbeda, dalam pertanian organik tertentu (Bacchetti et al., 2016b; Coppola et al., 2022), tumpang Sari (Chai et al., 2021; Wen et al., 2022).

Sebagian besar penelitian mengenai aspek keberlanjutan dalam sektor pertanian hanya berfokus pada masing-masing aspek atau gabungan antara aspek ekonomi dan aspek lingkungan. Aspek sosial yang merupakan aspek penting dalam keberlanjutan dapat dikaitkan dengan keselamatan selama aktivitas pertanian. Penilaian risiko paparan bahan kimia bagi para petani penting untuk dilakukan sebagai salah satu upaya untuk mewujudkan pertanian yang berkelanjutan. Identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian risiko akibat aktivitas pertanian dilakukan dengan menggunakan metode Hazard Identification, Risk Assessment & Risk Control (HIRARC). Penilaian risiko kualitatif menggunakan skala matriks risiko dilakukan untuk

menentukan bahaya dan risiko kesehatan. Proses HIRARC meliputi pengklasifikasian aktivitas kerja petani, mengidentifikasi bahaya melalui aktivitas petani dan menilai apa yang dapat menimbulkan risiko signifikan terhadap kesehatan dan keselamatan petani, melakukan penilaian risiko dengan menganalisis dan memperkirakan risiko dari setiap bahaya yang terlibat dengan menghitung atau memperkirakan kemungkinan terjadinya dan tingkat keparahan bahaya serta menentukan apakah hasil dari setiap risiko yang diidentifikasi dapat diterima atau apakah tindakan pengendalian perlu diterapkan (Botinggo et al., 2021) .

Penelitian ini berfokus pada evaluasi aspek lingkungan dan sosial dari aktivitas pertanian. Penilaian terhadap aspek lingkungan dilakukan dengan menggunakan metode LCA sedangkan aspek sosial dilakukan dengan mengevaluasi faktor risiko dan penilaian risiko paparan zat kimia berbahaya dari penggunaan pestisida menggunakan metode HIRARC. Diharapkan, dengan menggabungkan aspek lingkungan dan sosial secara bersamaan, aktivitas pertanian akan mengarah pada proses yang berkelanjutan.

1.2. Perumusan Masalah

Aspek keberlanjutan pada sektor pertanian perlu diperhatikan mengingat besarnya dampak lingkungan dan sosial yang ditimbulkan dari aktivitas pertanian. Penggunaan pupuk dan pestisida menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan dan bahaya kesehatan terhadap manusia. Karena toksisitasnya dan penggunaannya secara luas di lingkungan pertanian, pestisida menimbulkan ancaman parah bagi para petani. Penggunaan pestisida yang tidak aman di bidang pertanian merupakan bahaya yang signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis aspek lingkungan dan sosial dari aktivitas pertanian. Penilaian terhadap aspek lingkungan dilakukan dengan menggunakan metode LCA sedangkan aspek sosial dilakukan dengan mengevaluasi faktor risiko dan penilaian risiko paparan zat kimia berbahaya dari penggunaan pestisida menggunakan metode HIRARC. Diharapkan, dengan menggabungkan aspek lingkungan dan sosial secara bersamaan, aktivitas pertanian akan mengarah pada proses yang berkelanjutan

1.4. Batasan Penelitian

Kajian aspek sustainability pada penelitian ini hanya berfokus pada aspek lingkungan dan aspek sosial

1.5. Kaitan Penelitian dengan Road Map Penelitian Pribadi dan Road Map Penelitian Fakultas

Penerapan metode life cycle assesment merupakan salah satu penerapan green technology dimana hasil dari penelitian ini dijadikan dasar untuk memberikan perbaikan untuk proses produksi khususnya aktivitas pertanian yang mengarah pada pertanian yang berkelanjutan yang memberikan dampak negatif terhadap lingkungan lebih kecil dan resiko bahaya terhadap petani yang minimal.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Studi Literatur Aspek Sustainability dalam Pertanian

Tabel 1. Penelitian terdahulu

Produk/ Jenis Pertanian	Studi Aspek Sustainability	Referensi
Sayuran	Sosial: identifikasi factor resiko paparan organofosfat pada petani	(Botinggo et al., 2021)
Anggur	Lingkungan: dampak lingkungan menggunakan LCA	(Russo et al., 2021)
Gandum: perbandingan pertanian organic dan konvensional	Lingkungan: analisis dampak lingkungan pertanian gandum organic dan konvensional menggunakan LCA	(Verdi et al., 2022)
Jagung	Lingkungan dan ekonomi analisis dampak lingkungan dan ekonomi pertanian jagung menggunakan LCA dan LCC	(Xiong et al., 2022)
Beras	Lingkungan dan ekonomi analisis dampak lingkungan dan ekonomi pertanian jagung menggunakan LCA dan LCC	(Jirapornvaree et al., 2021)

Life Cycle Assessment (LCA)

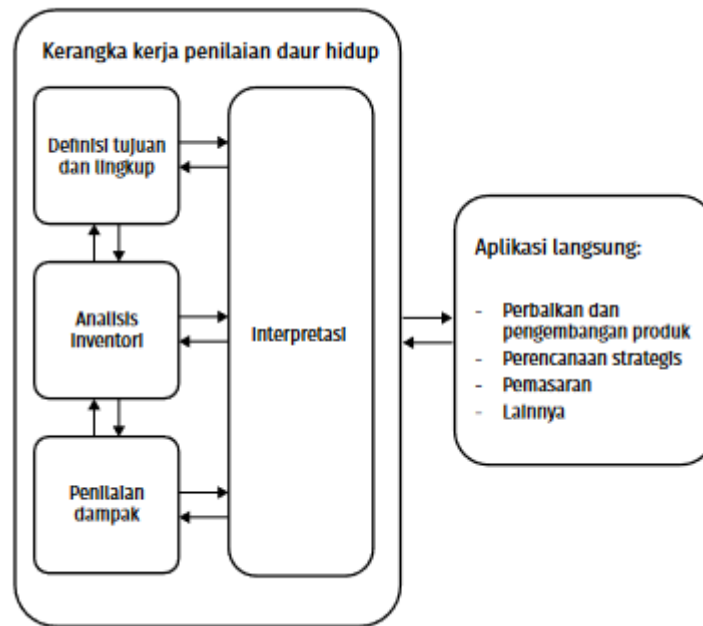
Life Cycle Assessment (LCA) adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menghitung penggunaan energi, penggunaan sumber daya alam, pembuangan pada lingkungan, serta mengevaluasi dan menerapkan kemungkinan perbaikan lingkungan (Cucurachi et al., 2019; Liu et al., 2020). Setiap langkah LCA dijelaskan dalam standar internasional (ISO 14040, ISO 14041). Dalam LCA terdapat empat pilihan utama untuk menentukan batas-batas sistem yang digunakan berdasarkan ISO 14044, yaitu:

1. *Cradle to Grave* : penelitian dilakukan mulai dari bahan dan rantai produksi energi semua proses dari ekstraksi bahan baku melalui tahap produksi, transportasi dan penggunaan hingga produk akhir dalam siklus hidupnya.
2. *Cradle to Gate* : penelitian meliputi semua proses dari ekstraksi bahan baku melalui tahap produksi (proses dalam pabrik), biasanya pilihan ini digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari suatu produksi sebuah produk.
3. *Gate to Grave* : penelitian meliputi proses dari penggunaan pasca produksi sampai pada akhir-fase kehidupan siklus hidupnya, biasanya pilihan ini digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari produk tersebut setelah meninggalkan pabrik.
4. *Gate to Gate* : penelitian meliputi proses dari tahap produksi saja, digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari langkah produksi atau proses.

Metode *Life Cycle Assessment (LCA)* dilakukan berdasarkan *Principles and Framework LCA* yang ada pada ISO 14040:2006a yang terdiri dari 4 tahap, yaitu (Mata et al., 2022; Omolayo et al., 2021):

1. Definisi tujuan dan ruang lingkup (*Goal and Scope Definition*)
2. Analisis inventori (*Life Cycle Inventory Analysis*)

3. Analisis dampak lingkungan (*Life Cycle Impact Assessment*)
4. Interpretasi



Gambar 1. Kerangka kerja penilaian daur hidup

Sumber : SNI ISO 14040:2016

Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)

Metode HIRARC dapat diartikan sebagai metode yang memiliki fungsi untuk melakukan analisa potensi dari bahaya yang terjadi serta dapat menentukan tingkat risiko dari bahaya tersebut. HIRARC sendiri terdiri dari beberapa prosedur seperti identifikasi bahaya (*hazard identification*), penilaian risiko (*risk assessment*), dan menentukan pengendalian hasil akhirnya (*risk control*). Proses berupa prosedur – prosedur tersebut tergabung ke dalam pengendalian dan pencegahan dari bahaya.

Metode HIRARC berfokus untuk meninjau *hazard* dari seluruh pekerjaan yang sedang dilakukan. Peninjauan tersebut ditujukan untuk memperkecil risiko timbulnya hal – hal yang dapat merugikan manusia, lingkungan, dan sistem kerja yang bersangkutan. Berikut merupakan langkah – langkah dalam menggunakan metode HIRARC :

1. Melakukan identifikasi bahaya (*hazard identification*)

Identifikasi bahaya dapat dilakukan guna mengetahui bahaya atau risiko apakah yang dapat terjadi di lingkungan tempat kerja. Mencari bahaya yang ada lalu melakukan identifikasi dari setiap kemungkinan risiko yang dapat terjadi dari setiap kejadian. Risiko tersebut dapat diidentifikasi melalui beberapa pertimbangan kondisi seperti:

2. Melakukan penilaian risiko (*risk assessment*)

Penilaian risiko dilakukan dengan tujuan untuk menentukan tingkat risiko dari bahaya dilihat dari kemungkinan terjadinya bahaya tersebut (*likelihood*) serta keparahan atau dampak yang ditimbulkan oleh bahaya yang terjadi (*severity*).

3. Melakukan pengendalian risiko (*risk control*)

Setelah didapatkan hasil dari penilaian risiko, harus dilakukan pengendalian risiko agar dapat mengatasi bahaya yang terjadi di lingkungan kerja serta risiko bahaya tersebut bisa dicegah

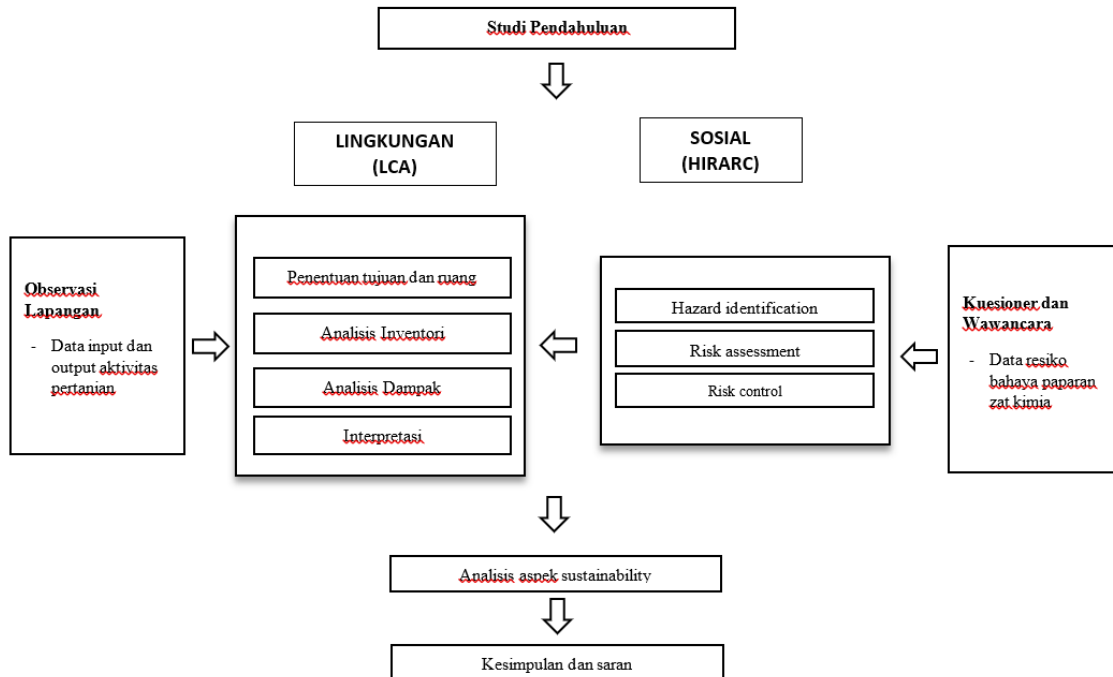
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2022 – Juni 2022. Pengambilan data aktivitas pertanian dilakukan di kelompok tani di Jatibarang, Indramayu, Jawa Barat.

3.2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini dapat digambarkan melalui diagram alir berikut:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3.3. Metode Analisis

Pada penelitian ini dilakukan analisis data dampak lingkungan dan sosial dari aktivitas pertanian. Analisis data dampak lingkungan dilakukan dengan metode life cycle assessment menggunakan software Simapro 9.2. Sedangkan analisis dampak sosial berupa identifikasi bahaya paparan zat kimia dilakukan dengan menggunakan HIRARC.

3.4. Indikator Capaian Penelitian

Adapun indikator capaian penelitian ini antara lain:

1. Diperolehnya hasil analisis dampak lingkungan dan sosial dari aktivitas pertanian
2. Adanya publikasi yang dihasilkan mengenai pertanian yang sustainable, berfokus pada aspek lingkungan dan sosial.

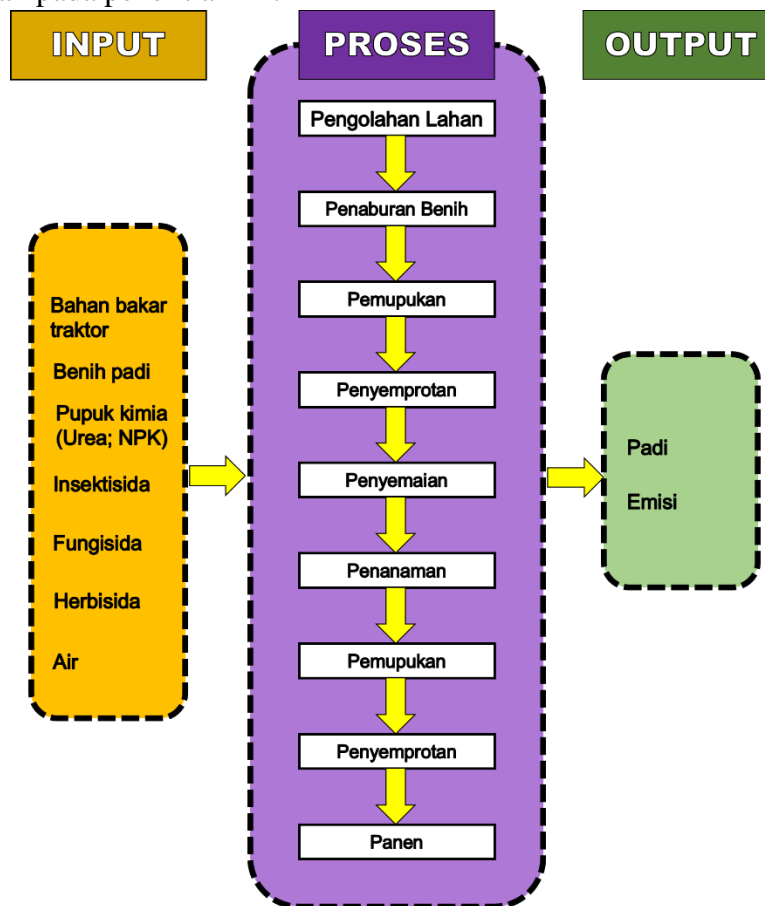
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

PENILAIAN ASPEK LINGKUNGAN

Metode LCA yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada standar ISO 14040 (2006) dan ISO 14044 (2006) dan berisi empat fase, termasuk definisi tujuan dan ruang lingkup, inventaris siklus hidup (LCI), penilaian dampak siklus hidup (LCIA), dan interpretasi data. Dalam studi ini dilakukan evaluasi dampak lingkungan produksi beras di Jatibarang, Indramayu, Jawa Barat. LCA ini menggunakan metodologi penilaian CML-IA baseline, data dari database Ecoinvent dan perangkat lunak Simapro.

1. Definisi tujuan dan ruang lingkup

Tujuan dari studi LCA ini adalah untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari produksi padi. Satuan fungsional adalah satu ton gabah. Lokasi penelitian terletak di Jatibarang, Indramayu, Jawa Barat. Batasan sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah gate to gate, yaitu tahap pengolahan lahan hingga tahap panen dengan hasil berupa gabah. Gambar 3 menunjukkan batasan sistem yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3. Batasan sistem

2. Analisis inventori daur hidup

Kajian ini difokuskan pada sistem pertanian padi konvensional. Hampir semua tahapan pada pertanian padi konvensional dilakukan secara manual. Analisis inventarisasi input budidaya padi dilakukan dengan menggunakan data primer meliputi input sumber daya dan operasional pertanian; data diperoleh dari catatan lapangan dan wawancara langsung kepada petani. Pertanian

konvensional menggunakan bahan kimia pertanian seperti pestisida dan pupuk sintetis, insektisida, herbisida, dan fungisida seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Inventori proses produksi padi

INPUT	JUMLAH
Benih	2 kg
Solar untuk traktor	3 L
Pupuk urea	22 kg
Pupuk NPK 16-16-16	10 kg
Pupuk NPK 15-15-15	20 kg
Insektisida	125 mL
Fungisida	125 mL
Herbisida	40 mL
Air untuk penyemprotan	210 mL

3. Penilaian dampak daur hidup

Metode yang digunakan dalam penilaian dampak siklus hidup pada penelitian ini adalah ReCiPe 2016 Midpoint (H). Dampak dievaluasi menggunakan SimaPro dengan database ecoinvent 3 yang melengkapi data lapangan dan data lokal lainnya. Kategori dampak yang dianalisis dipilih berdasarkan potensi dampak terkait dan konteks kebijakan antara lain seperti yang ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 3. Kategori dampak

Kategori dampak	Singkatan	Satuan
Global warming	GWP	kg CO ₂ eq
Stratospheric ozone depletion	SOD	kg CFC11 eq
Ionizing radiation	IR	kBq Co-60 eq
Ozone formation, Human health	OF-HH	kg NO _x eq
Fine particulate matter formation	FPMF	kg PM2.5 eq
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	OF-TE	kg NO _x eq
Terrestrial acidification	TA	kg SO ₂ eq
Freshwater eutrophication	FE	kg P eq
Marine eutrophication	ME	kg N eq
Terrestrial ecotoxicity	TEC	kg 1,4-DCB
Freshwater ecotoxicity	FEC	kg 1,4-DCB
Marine ecotoxicity	MEC	kg 1,4-DCB
Human carcinogenic toxicity	HCT	kg 1,4-DCB
Human non-carcinogenic toxicity	HNCT	kg 1,4-DCB
Land use	LU	m ² a crop eq
Mineral resource scarcity	MRS	kg Cu eq
Fossil resource scarcity	FRS	kg oil eq
Water consumption	WC	m ³

4. Analisis dampak lingkungan

Pada studi ini, analisis dampak lingkungan dari proses produksi padi dikelompokkan menjadi beberapa kategori dampak seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Dampak lingkungan produksi 1 ton padi

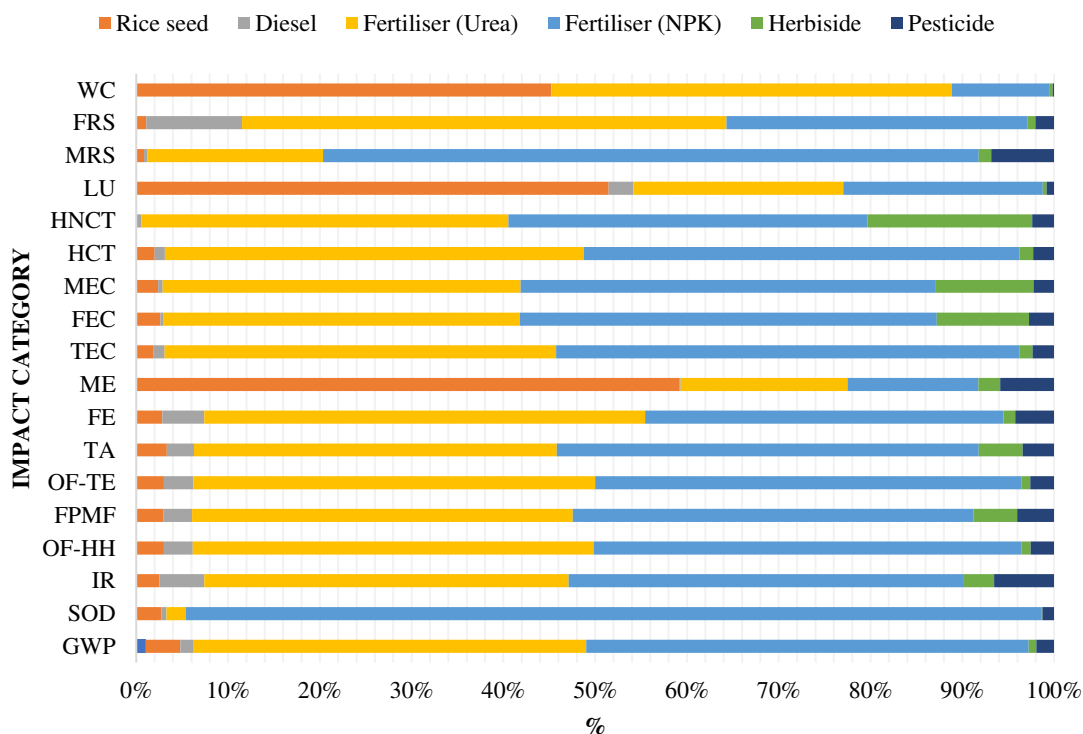
Kategori dampak	Satuan	Total
GWP	kg CO ₂ eq	734
SOD	kg CFC11 eq	3.6 x 10 ⁻²
IR	kBq Co-60 eq	14.2
OF-HH	kg NO _x eq	1.51
FPMF	kg PM _{2.5} eq	9.94 x 10 ⁻¹
OF-TE	kg NO _x eq	1.54
TA	kg SO ₂ eq	3.13
FE	kg P eq	2.28 x 10 ⁻¹
ME	kg N eq	7.45 x 10 ⁻²
TEC	kg 1,4-DCB	3,2 x 10 ³
FEC	kg 1,4-DCB	33.8
MEC	kg 1,4-DCB	44.8
HCT	kg 1,4-DCB	35.3
HNCT	kg 1,4-DCB	724
LU	m ² a crop eq	40.7
MRS	kg Cu eq	5.93
FRS	kg oil eq	244
WC	m ³	37.7

Berdasarkan tabel X diketahui bahwa 1 ton padi di Jatibarang menghasilkan nilai GWP sebesar 734 kg CO₂ eq. Hasil studi tentang dampak lingkungan produksi 1 ton padi di beberapa negara Asia menunjukkan nilai GWP yang berbeda. Studi LCA 1 ton padi di Iran menghasilkan GWP sebesar 2426.2 kg CO₂ eq (Firouzi et al., 2018) dan 427,4 kg CO₂ eq (Morandini et al., 2020) ; di Cina menghasilkan GWP senilai 2504.20 kg CO₂ eq (Xu et al., 2013) ; dan Malaysia sebesar 1390 kg CO₂ eq (Abdul Rahman et al., 2019). Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan negara atau perbedaan daerah dalam satu negara dapat memberikan hasil GWP yang berbeda pula. Sebuah studi di Cina mengevaluasi dampak lingkungan produksi padi dari 5 provinsi dan didapat hasil yang berbeda untuk setiap provinsi. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik tanah, jumlah pupuk yang digunakan, sistem pengairan dan sistem pertanian yang diterapkan (Xu et al., 2013). Sistem pengairan memberikan kontribusi yang besar terhadap semua dampak lingkungan. Studi LCA 1 ton padi di Italia menghasilkan nilai GWP sebesar 8310 kg CO₂ eq, dimana hotspot utamanya adalah sistem pengairan di sawah. Salah satu penyebab tingginya nilai GWP pada sistem irigasi adalah tingginya konsumsi energi untuk memompa air dalam jumlah besar (Giuliana et al., 2022). Pada studi ini hasil GWP yang diperoleh jauh lebih kecil disebabkan studi ini tidak memasukkan sistem pengairan sebagai input dikarenakan sistem pengairan di Jatibarang berasal dari curah hujan dan air sungai yang dialirkan tanpa menggunakan mesin pompa. Batasan sistem (dengan mempertimbangkan input), hasil padi, dan praktik budidaya yang bervariasi merupakan faktor utama yang menyebabkan GWP bervariasi dari satu negara ke negara lain (Ahmad et al., 2023).

Pada studi ini dihasilkan nilai dampak TA dan FE sebesar 3.13 kg SO₂ eq dan 0.228 kg P eq per ton padi. Hasil ini jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan studi dampak TA produksi padi di Thailand yang memberikan dampak TA dan FE sebesar 11.7 kg SO₂ eq dan 0.65 kg P eq per ton padi (Mahmood & Gheewala, 2023). Perbedaan ini disebabkan oleh jumlah penggunaan pupuk yang berbeda, di Thailand digunakan pupuk yang lebih besar sehingga memberikan dampak TA dan FE yang lebih besar.

Penentuan Hotspot

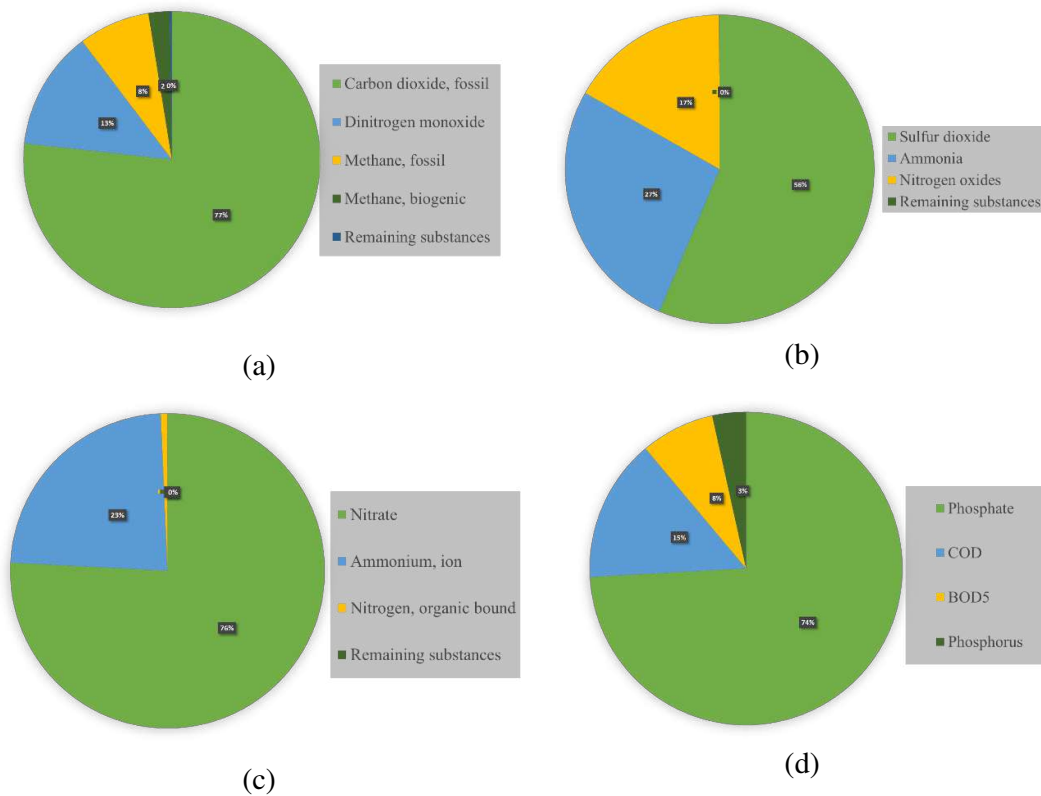
Hasil penilaian dampak lingkungan ditunjukkan pada Gambar X yang dibagi menjadi beberapa subsistem dengan tujuan untuk mengetahui hotspot, atau tahapan yang paling berkontribusi pada masing-masing dampak.



Gambar 4. Hotspot dalam produksi padi

Berdasarkan Gambar X diketahui bahwa penggunaan pupuk urea dan NPK merupakan contributor utama terhadap semua dampak lingkungan. Hal ini dikarenakan pada proses produksi padi digunakan banyak pupuk kimia yang ditambahkan beberapa kali selama masa penanaman hingga panen. Pada tahap pembenihan digunakan pupuk urea, kemudian setiap 10 hari setelah pindah tanam digunakan pupuk urea dan pupuk NPK yang dilakukan sebanyak 3 kali proses pemupukan sebelum tahap panen. Jumlah pupuk kimia yang digunakan untuk memperoleh sekitar 120 kg gabah mencapai 50kg pupuk yang terdiri dari pupuk urea dan NPK. Penggunaan pupuk yang berlebihan disebabkan karena rendahnya kandungan unsur hara pada tanah, sehingga penggunaan pupuk kimia yang lebih besar diperlukan untuk mendapatkan hasil panen yang optimal (Paramesh et al., 2023). Tingginya penggunaan pupuk berakibat pada semakin tinggi pula energi yang digunakan.

Sebagai contoh, pada dampak potensi global warming contributor terbesar adalah penggunaan pupuk urea dan NPK. Hal ini disebabkan pada saat memasukkan penggunaan pupuk kimia seperti urea dan NPK pada database, telah diperhitungkan emisi yang dikeluarkan selama proses produksi pupuk kimia yang meliputi penambangan bahan baku pembuatan pupuk, proses produksi pupuk, proses pengemasan serta transportasi. Proses-proses yang terlibat ini berperan sebagai contributor emisi gas rumah kaca yang berperan dalam pemanasan global (Wu et al., 2021). Hasil studi mengenai analisis potensi global warming dari proses produksi pupuk kimia menunjukkan bahwa sebagian besar (sekitar 60%) emisi gas rumah kaca disebabkan oleh pembangkit listrik sedangkan 26% disebabkan oleh proses produksi pupuk (Chen et al., 2018).



Gambar 5. Kontribusi polutan terhadap kategori dampak

Kontribusi polutan terhadap Global Warming

Gambar 3a menunjukkan bahwa CO₂ memberikan kontribusi yang cukup besar pada dampak pemanasan global. Karbon dioksida (CO₂) adalah kotributor utama dengan presentase sebesar 77% dan kemudian diikuti nitrogen oksida (N₂O) dan metana (CH₄). Gas rumah kaca ini sebagian besar berasal dari penggunaan bahan bakar fosil seperti diesel untuk tractor serta bahan bakar yang digunakan dalam produksi pupuk kimia (urea dan NPK) dan pestisida. Studi terhadap LCA produksi beras di Cina menunjukkan bahwa GWP produksi 1 ton beras didominasi oleh CH₄ dan CO₂, dimana CH₄ berasal dari tahap proses penanaman padi sedangkan CO₂ sebagian besar berasal dari produksi bahan kimia yang digunakan, dimana tahapan ini merupakan tahapan dengan penggunaan energi paling besar (Wang et al., 2010).

Proses pertanian padi berkontribusi signifikan terhadap emisi gas rumah kaca yang merupakan penyumbang utama potensi pemanasan global. Penggunaan pupuk dalam pertanian memiliki pengaruh terhadap lingkungan, karena nitrogen dalam pupuk berkontribusi terhadap emisi N₂O, nitrogen oksida (NO_x), dan NH₃. Pupuk melepaskan N₂ karena proses nitrifikasi diikuti oleh denitrifikasi, yang diciptakan oleh interaksi mikroba dalam tanah dalam kondisi aerobik dan anaerobic (Amirahmadi et al., 2022).

N₂O dihasilkan dari emisi lapangan (denitrifikasi) dan dari penggunaan pupuk N. Emisi N₂O dari lahan sawah dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain jenis pupuk, iklim, dan jenis tanah (Harun et al., 2021).

Kontribusi polutan terhadap Asidifikasi

Dampak asidifikasi pada proses penanaman padi disebabkan karena adanya penguapan NH₃ selama proses penanaman padi akibat dari penggunaan pupuk yang mengandung amonium nitrat (Wang et al., 2010) . Tingginya penggunaan pupuk yang mengandung nitrogen menyebabkan pencucian nitrat atau nitrogen meningkat sehingga berakibat pada meningkatnya asidifikasi (Fusi et al., 2014). Selain itu adanya emisi SO₂ selama proses produksi bahan kimia yang digunakan dalam pertanian seperti pupuk dan pestisida, berkontribusi pada asidifikasi. Pada studi ini dilakukan analisis kontribusi beberapa polutan (SO₂, NH₃ dan NO_x) yang dinyatakan dalam satuan kg SO₂ eq. Gambar 3b menunjukkan bahwa contributor asidifikasi pada produksi pada adalah gas SO₂, NH₃ dan NO_x dengan persentase berturut-turut 56%, 27% dan 17%. Tingginya emisi gas-gas ini disebabkan oleh penggunaan pupuk urea dan NPK.

Kontribusi polutan terhadap Eutrofikasi

Eutrofikasi adalah masalah lingkungan yang lazim dalam skala global, akibat masuknya nutrisi secara berlebihan, khususnya nitrogen (N) dan fosfor (P), ke dalam ekosistem. Nutrisi ini sebagian besar berasal dari banyak sumber, dengan sistem produksi pertanian menjadi kontributor yang signifikan karena penerapan pupuk. Surplus unsur hara yang dimasukkan ke lahan pertanian dalam bentuk pupuk berpotensi masuk ke badan air melalui beberapa jalur, seperti pencucian, limpasan, dan pengendapan. Masuknya nutrisi ini dapat menyebabkan fenomena yang dikenal sebagai eutrofikasi, yang mempengaruhi ekosistem air tawar dan laut, dimana diasumsikan bahwa eutrofikasi sistem air tawar sebagian besar dibatasi oleh fosfor (P), sedangkan eutrofikasi sistem laut sebagian besar diatur oleh nitrogen (N). (Huang et al., 2017). Hasil studi (Gambar 3c) menunjukkan bahwa pada eutrofikasi air laut, penyumbang utama adalah nitrat, ammonia dan nitrogen dengan presentasi berturut-turut 76%, 23% dan 1%. Hasil ini sejalan dengan studi eutrofikasi pada pertanian di beberapa provinsi di Thailand dan diperoleh hasil bahwa nitrat adalah penyumbang utama eutrofikasi air laut (92,7%), selanjutnya diikuti oleh amonia (6,7%) dan nitrogen oksida (0,6%) (Balasuriya et al., 2022). Sedangkan pada eutrofikasi air tawar (Gambar 3d) menunjukkan bahwa contributor utama pada dampak ini adalah senyawa fosfor, yaitu fosfat dengan persentase sebesar 80%. Pada tanah, ion fosfat terikat dengan aluminium dan kalsium sehingga perlu penggunaan pupuk yang berlebih untuk meningkatkan mineralisasi P yang berdampak pada meningkatnya ketersediaan fosfat. Akan tetapi penggunaan pupuk yang berlebihan ini juga meningkatkan resiko eutrofikasi (Leon & Kohyama, 2017).

PENILAIAN ASPEK SOSIAL

Penilaian aspek sosial dilakukan dengan cara mengidentifikasi bahaya kegiatan pertanian dan dampaknya bagi pekerja. Penilaian ini dilakukan dengan menggunakan metode HIRARC. Berikut adalah hasil identifikasi bahaya dari proses pertanian:

Tabel 5. HIRARC dalam pertanian padi

AKTIVITAS KERJA	HAZARD	EFFECT	Likelihood	Severity	Risk
Penyimpanan	Bahan kimia: Kontak langsung – tumpahan atau kebocoran selama pembongkaran atau pemuatan.	Iritasi kulit, kesulitan bernapas, batuk, terserap, dan masuk ke dalam tubuh akibat kontak berulang, kontak yang	3	3	9

		terlalu lama berpotensi menyebabkan kanker.			
Pencampuran atau persiapan larutan pestisida (menambahkan air dan mentransfer ke pompa sprayer). dan Penyemprotan	Paparan pestisida: Kontak langsung dan terhirup – percikan atau tumpahan pestisida. APD yang tidak sesuai atau tanpa APD Metode penyemprotan yang kurang tepat	Iritasi kulit, efek pernapasan, sesak, kepala pusing, mual, meriang, pingsan, berpotensi menyebabkan kanker, dan kematian	4	5	20
Pembersihan dan pemeliharaan peralatan semprot	Bahan kimia: Kontak langsung ke kulit, mata, mulut (percikan atau tumpahan)	Iritasi kulit, efek pernapasan, penyerapan dan masuk ke dalam tubuh karena kontak berulang, kontak yang terlalu lama berpotensi menyebabkan kanker.	3	3	9

Berdasarkan hasil identifikasi bahaya diketahui bahwa aktivitas kerja yang memiliki resiko tertinggi adalah proses pencampuran larutan pestisida. Sehingga, usulan perbaikan (risk control) yang diusulkan berfokus pada tahapan ini. Berikut beberapa perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengurangi resiko paparan pestisida pada petani :

- Memberikan petani pelatihan mengenai tata cara penyemprotan yang benar untuk mengurangi resiko paparan pestisida.
- Memberikan penyuluhan pada petani mengenai pentingnya menjaga kebersihan diri setelah proses penyemprotan pestisida
- Sosialisasi mengenai pentingnya penggunaan APD saat menggunakan pestisida, beserta tata cara penggunaan yang benar
- Mengganti pestisida menjadi jenis pestisida lain yang memiliki tingkat bahaya lebih rendah

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- Dari semua tahapan proses produksi padi, tahap pemupukan merupakan hotspot, dimana penggunaan pupuk NPK dan pupuk urea berkontribusi besar terhadap pemanasan global dan dampak lainnya
- Jika dikaji dari gas rumah kaca yang dikeluarkan, CO₂ merupakan contributor GWP terbesar yang bersumber dari penggunaan pupuk urea dan NPK
- Hasil penilaian resiko menunjukkan bahwa proses pencampuran dan penyemprotan pestisida memiliki resiko paparan tertinggi sehingga perlu dilakukan control resiko pada tahapan ini seperti memberikan pelatihan kepada para petani terkait pentingnya APD, tata cara penggunaan APD yang benar, metode penyemprotan yang benar serta pentingnya menjaga kebersihan diri pasca penyemprotan. Selain itu, petani dapat mengganti pestisida menjadi jenis lain yang memiliki tingkat bahaya lebih rendah

DAFTAR PUSTAKA

- Amirahmadi, E., Moudrý, J., Konvalina, P., Hörtenhuber, S. J., Ghorbani, M., Neugschwandtner, R. W., Jiang, Z., Krexner, T., & Kopecký, M. (2022). Environmental Life Cycle Assessment in Organic and Conventional Rice Farming Systems: Using a Cradle to Farm Gate Approach. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(23). <https://doi.org/10.3390/su142315870>
- Antonini, C., & Argilés-Bosch, J. M. (2017). Productivity and environmental costs from intensification of farming. A panel data analysis across EU regions. *Journal of Cleaner Production*, *140*, 796–803. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.009>
- Botinggo, B., Awang Lukman, K., Saupin, S., Fong Tyng, C., & Saffree Jeffree, M. (2021). ORGANOPHOSPHATE EXPOSURE, ASSOCIATED RISK FACTORS AND EXPOSURE RISK ASSESSMENT AMONG VEGETABLE FARMERS IN SABAH, MALAYSIA. In *Malaysian Journal of Public Health Medicine* (Vol. 21, Issue 2).
- Cucurachi, S., Scherer, L., Guinée, J., & Tukker, A. (2019). Life Cycle Assessment of Food Systems. *One Earth*, *1*(3), 292–297. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.014>
- Gaffney, J., Challender, M., Califf, K., & Harden, K. (2019). Building bridges between agribusiness innovation and smallholder farmers: A review. In *Global Food Security* (Vol. 20, pp. 60–65). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.12.008>
- Gan, Y., Liang, C., Chai, Q., Lemke, R. L., Campbell, C. A., & Zentner, R. P. (2014). Improving farming practices reduces the carbon footprint of spring wheat production. *Nature Communications*, *5*. <https://doi.org/10.1038/ncomms6012>
- Jirapornvaree, I., Suppadit, T., & Kumar, V. (2021). Assessing the economic and environmental impact of jasmine rice production: Life cycle assessment and Life Cycle Costs analysis. *Journal of Cleaner Production*, *303*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127079>
- Jolodar, N. R., Karimi, S., Bouteh, E., Balist, J., & Prosser, R. (2021). Human health and ecological risk assessment of pesticides from rice production in the Babol Roud River in Northern Iran. *Science of the Total Environment*, *772*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144729>
- Liu, H., Li, Q., Li, G., & Ding, R. (2020). Life cycle assessment of environmental impact of steelmaking process. *Complexity*, *2020*. <https://doi.org/10.1155/2020/8863941>
- Mata, T. M., Rodrigues, S., Caetano, N. S., & Martins, A. A. (2022). Life cycle assessment of bioethanol from corn stover from soil phytoremediation. *Energy Reports*, *8*, 468–474. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.01.059>
- Omolayo, Y., Feingold, B. J., Neff, R. A., & Romeiko, X. X. (2021). Life cycle assessment of food loss and waste in the food supply chain. *Resources, Conservation and Recycling*, *164*(April 2020), 105119. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105119>
- Russo, V., Strever, A. E., & Ponstein, H. J. (2021). Exploring sustainability potentials in vineyards through LCA? Evidence from farming practices in South Africa. *International Journal of Life Cycle Assessment*, *26*(7), 1374–1390. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01911-3>

UN, U. N. (2019). *About the Sustainable Development Goals*.

Verdi, L., Marta, A. D., Falconi, F., Orlandini, S., & Mancini, M. (2022). Comparison between organic and conventional farming systems using Life Cycle Assessment (LCA): A case study with an ancient wheat variety. *European Journal of Agronomy*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126638>

Weng, C.-Y., & Black, C. (2015). Taiwanese farm workers' pesticide knowledge, attitudes, behaviors and clothing practices. *International Journal of Environmental Health Research*, 25(6), 685–696. <https://doi.org/10.1080/09603123.2015.1020415>

Xiong, L., Shah, F., & Wu, W. (2022). Environmental and socio-economic performance of intensive farming systems with varying agricultural resource for maize production. *Science of the Total Environment*, 850. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158030>

Abdul Rahman, M. H., Chen, S. S., Abdul Razak, P. R., Abu Bakar, N. A., Shahrin, M. S., Zin Zawawi, N., Muhamad Mujab, A. A., Abdullah, F., Jumat, F., Kamaruzaman, R., Saidon, S. A., & Abdul Talib, S. A. (2019). Life cycle assessment in conventional rice farming system: Estimation of greenhouse gas emissions using cradle-to-gate approach. *Journal of Cleaner Production*, 212, 1526–1535. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.062>

Ahmad, A., Zoli, M., Latella, C., & Bacenetti, J. (2023). Rice cultivation and processing: Highlights from a life cycle thinking perspective. In *Science of the Total Environment* (Vol. 871). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162079>

Amirahmadi, E., Moudrý, J., Konvalina, P., Hörtenhuber, S. J., Ghorbani, M., Neugschwandtner, R. W., Jiang, Z., Krexner, T., & Kopecký, M. (2022). Environmental Life Cycle Assessment in Organic and Conventional Rice Farming Systems: Using a Cradle to Farm Gate Approach. *Sustainability (Switzerland)*, 14(23). <https://doi.org/10.3390/su142315870>

Balasuriya, B. T. G., Ghose, A., Gheewala, S. H., & Prapasongsa, T. (2022). Assessment of eutrophication potential from fertiliser application in agricultural systems in Thailand. *Science of the Total Environment*, 833. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154993>

Chen, W., Geng, Y., Hong, J., Yang, D., & Ma, X. (2018). Life cycle assessment of potash fertilizer production in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 138, 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.028>

Firouzi, S., Nikkhah, A., & Aminpanah, H. (2018). Rice single cropping or ratooning agro-system: which one is more environment-friendly? *Environmental Science and Pollution Research*, 25(32), 32246–32256. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3076-x>

Fusi, A., Bacenetti, J., González-García, S., Vercesi, A., Bocchi, S., & Fiala, M. (2014). Environmental profile of paddy rice cultivation with different straw management. *Science of the Total Environment*, 494–495, 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.126>

Giuliana, V., Lucia, M., Marco, R., & Simone, V. (2022). Environmental life cycle assessment of rice production in northern Italy: a case study from Vercelli. *International Journal of Life Cycle Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02109-x>

- Harun, S. N., Hanafiah, M. M., & Aziz, N. I. H. A. (2021). An LCA-Based Environmental Performance of Rice Production for Developing a Sustainable Agri-Food System in Malaysia. *Environmental Management*, 67(1), 146–161. <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01365-7>
- Huang, J., Xu, C. chun, Ridoutt, B. G., Wang, X. chun, & Ren, P. an. (2017). Nitrogen and phosphorus losses and eutrophication potential associated with fertilizer application to cropland in China. *Journal of Cleaner Production*, 159, 171–179. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.008>
- Leon, A., & Kohyama, K. (2017). Estimating nitrogen and phosphorus losses from lowland paddy rice fields during cropping seasons and its application for life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 164, 963–979. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.116>
- Mahmood, A., & Gheewala, S. H. (2023). A comparative environmental analysis of conventional and organic rice farming in Thailand in a life cycle perspective using a stochastic modeling approach. *Environmental Research*, 235. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116670>
- Morandini, N. P., Petroudi, E. R., Mobasser, H. R., & Dastan, S. (2020). Life Cycle Assessment of Crop Rotation Systems on Rice Cultivars in Northern Iran. *International Journal of Plant Production*, 14(3), 531–548. <https://doi.org/10.1007/s42106-020-00103-7>
- Paramesh, V., Kumar, P., Parajuli, R., Francaviglia, R., Manohara, K. K., Arunachalam, V., Mayekar, T., & Toraskar, S. (2023). A Life Cycle Assessment of Rice–Rice and Rice–Cowpea Cropping Systems in the West Coast of India. *Land*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/land12020502>
- Wang, M., Xia, X., Zhang, Q., & Liu, J. (2010). Life cycle assessment of a rice production system in Taihu region, China. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 17(2), 157–161. <https://doi.org/10.1080/13504501003594224>
- Wu, H., MacDonald, G. K., Galloway, J. N., Zhang, L., Gao, L., Yang, L., Yang, J., Li, X., Li, H., & Yang, T. (2021). The influence of crop and chemical fertilizer combinations on greenhouse gas emissions: A partial life-cycle assessment of fertilizer production and use in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105303>
- Xu, X., Zhang, B., Liu, Y., Xue, Y., & Di, B. (2013). Carbon footprints of rice production in five typical rice districts in China. *Shengtai Xuebao*, 33, 227–232. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2013.05.010>

LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN



PETA JALAN PENELITIAN <INDAH PERMATA SARI, SPD., M.SI.>



ROAD MAP PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

<Dian Mardi Safitri>, <2593>, <0319087902>



Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Supplier Bahan Baku Pada PT. JAYATAMA SELARAS

Perancangan Model Simulasi Tata Letak Gudang Bahan Baku Dengan Menggunakan Metode *Shared Storage* Pada PT. HYUNDAI INDONESIA MOTOR

Integer Linear Programming Model and Algorithm to Integrate Heuristics Scheduling EDD, Inventory Control and Distribution Problems in a Modular Production System

Warehouse Layout Designing of Cable Manufacturing Company using

Dedicated Storage and Simulation Promodel Faktor Utama untuk Mewujudkan Green Ergonomics di Lingkungan Kantor

Design of sales information system based on website at Amony Shop

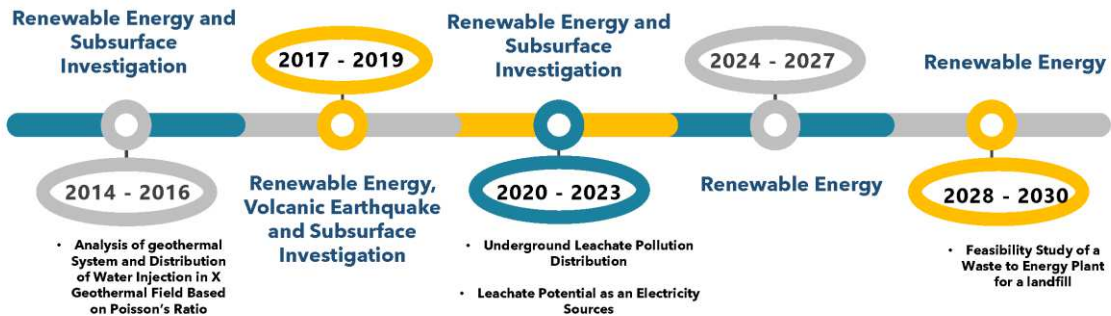


ROAD MAP PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

<Ir. Sucipto Adisuwiryo, MM>, <1995>, <0312016504>



- Reservoir Magnetic Anomaly at Geothermal Area of Mount Pandan Geothermal Area
- Reappraisal of Seismicity Recorded during Bardarbunga Volcanic Earthquake
- Ecotourism and Edu Techno Park Potential of Cagar Volcano Hosted
- Prototype of leachate to electrical energy



RESEARCH ROAD MAP IKA WAHYU UTAMI, S.SI., M.SC.

LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN

LUARAN 1 :

Kategori Luaran : Hak Kekayaan Intelektual

Status : Tercatat/Tersedia

Jenis HKI : Hak Cipta

Nama HKI : Evaluasi Dampak Proses Produksi Padi Terhadap Lingkungan Menggunakan Metode LCA

No. Pendaftaran : EC00202365921

Tanggal Pendaftaran : 2023-08-10

No. Pencatatan : 000498867

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Ika Wahyu Utami, S.Si., M.Sc.
2. Indah Permata Sari, S.Pd., M.Si.
3. Dr. Dian Mardi Safitri, S.T., M.T.
4. Ir. Sucipto Adisuwiryo, M.M.

LUARAN 2 :

Kategori Luaran : Publikasi di Conference Series Bereputasi

Status : Submitted

Tingkat Forum Ilmiah : Internasional

Nama Conference : Songklanakar Journal of Science and Technology

Lembaga Penyelenggara : Songklanakar Journal of Science and Technology

Tempat Penyelenggaraan : Thailand

Tanggal Penyelenggaraan : 16/10/2023 - 16/10/2023

Lembaga Pengindek : Scopus (Q3 Journal)

Url Website Conference : <https://sjst.psu.ac.th/index.php>

Judul Artikel : Environmental impact assessment of rice production in Indonesia : a case study from Jatibarang, West Java

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Indah Permata Sari, S.Pd., M.Si. (First Author)
2. Ika Wahyu Utami, S.Si., M.Sc. (Other Author)
3. Dr. Dian Mardi Safitri, S.T., M.T. (Other Author)
4. Ir. Sucipto Adisuwiryo, M.M. (Other Author)

Penulis (Di Luar Tim Peneliti) :

1. Ahmad Farhan (Other Author)